

EXPOSÉ TECHNIQUE - DANS LE CADRE DU CAMPUS ASCHWANDEN

ARBO/CRET

Introduction au logiciel de calcul

Dr Stefan Lips,

Responsable R&D, F.J. Aschwanden AG, Lyss

Prof. Dr Albin Kenel,

Directeur du département génie civil, Haute école d'ingénierie et d'architecture de Lucerne, Horw

Table des matières

1. Introduction	5
2. Processus ARBO/CRET Logiciel de calcul	7
3. Mise en œuvre du programme	9
4. Exemple 1 : Joint de dilatation avec goujons CRET	25
5. Exemple 2 : Balcon avec ARBO-400	29
6. Désignations	36

Encadrés théoriques

Produits utilisés dans le logiciel	11
Insertion de données issues de programmes FE	18
Recherche de solution ARBO	24
Modélisation FE de la zone de joint	28
Code ARBO	34

1. Introduction

Dans certains cas, il est nécessaire de raccorder deux éléments structuraux en béton armé. Outre la transmission des efforts, il y a encore d'autres exigences à respecter, p. ex. l'isolation thermique ou l'isolation contre les bruits de choc.

Les produits CRET, CRET Silent, ARBO et ARBO Silent ont été développés pour ces applications. Pour chacun de ces produits, les différents types de modèles proposent certaines résistances ultimes (résistances à l'effort normal, à l'effort tranchant et à la flexion). Celles-ci peuvent être facilement consultées dans la documentation correspondante. Pour des cas simples, ces indications suffisent pour le dimensionnement du joint entre deux éléments structuraux en béton armé. Cependant, en raison de la géométrie ou des actions, la distribution des efforts intérieurs le long de ces joints peut souvent varier considérablement, avec des pointes de charge et des éventuels changements de signes (+/-) existants. Dans ces cas, le dimensionnement ainsi que la recherche d'une disposition judicieuse des produits deviennent rapidement une tâche complexe. C'est pour cette raison que le logiciel ARBO/CRET a été développé. Il se charge du dimensionnement et propose une disposition possible.

Le présent document indique ce qu'il faut respecter lors de l'utilisation du logiciel de calcul ARBO/CRET. Les différentes valeurs de saisie nécessaire sont expliquées étape par étape. Par ailleurs, divers sujets sont abordés dans divers encadrés théoriques.

2. Processus du logiciel de calcul ARBO/CRET

Le logiciel de calcul ARBO/CRET est intégré dans le pack logiciel Aschwanden. Le cœur du logiciel Aschwanden est le gestionnaire de projets qui permet de créer et de modifier les données de projet pour différents projets. Une fois enregistrées dans le gestionnaire de projets, les données de projet peuvent donc être utilisées aussi pour d'autres logiciels de calcul Aschwanden, tels que DURA, ORSO-V.

Dans l'explorateur, il est possible de saisir et de traiter un nombre quelconque de positions de dimensionnement. Chaque position de dimensionnement peut être calculée, enregistrée et, après modification des conditions limites, consultée à nouveau et recalculée. Les différentes positions de dimensionnement sont représentées et regroupées clairement dans l'explorateur, avec indication du degré de précision du calcul.

La saisie et le calcul sont réalisés dans la fenêtre à droite. La saisie s'effectue toujours du haut vers le bas. La disposition intuitive permet une utilisation efficace et structurée du logiciel.

La liste des données saisies et la présentation détaillée des résultats pour chaque position permettent d'obtenir un aperçu rapide. Vous trouverez dans l'édition la statique détaillée pour le calcul. En fonction de votre choix, le logiciel de calcul génère une liste de commande à partir des données gérées de manière centralisée.

3. Mise en œuvre du programme

Le programme est en principe subdivisé en deux colonnes. La colonne de gauche avec les menus Données projet, Explorateur et Édition sert à la navigation et à des fins d'information. La colonne de droite est utilisée pour la saisie et le calcul.

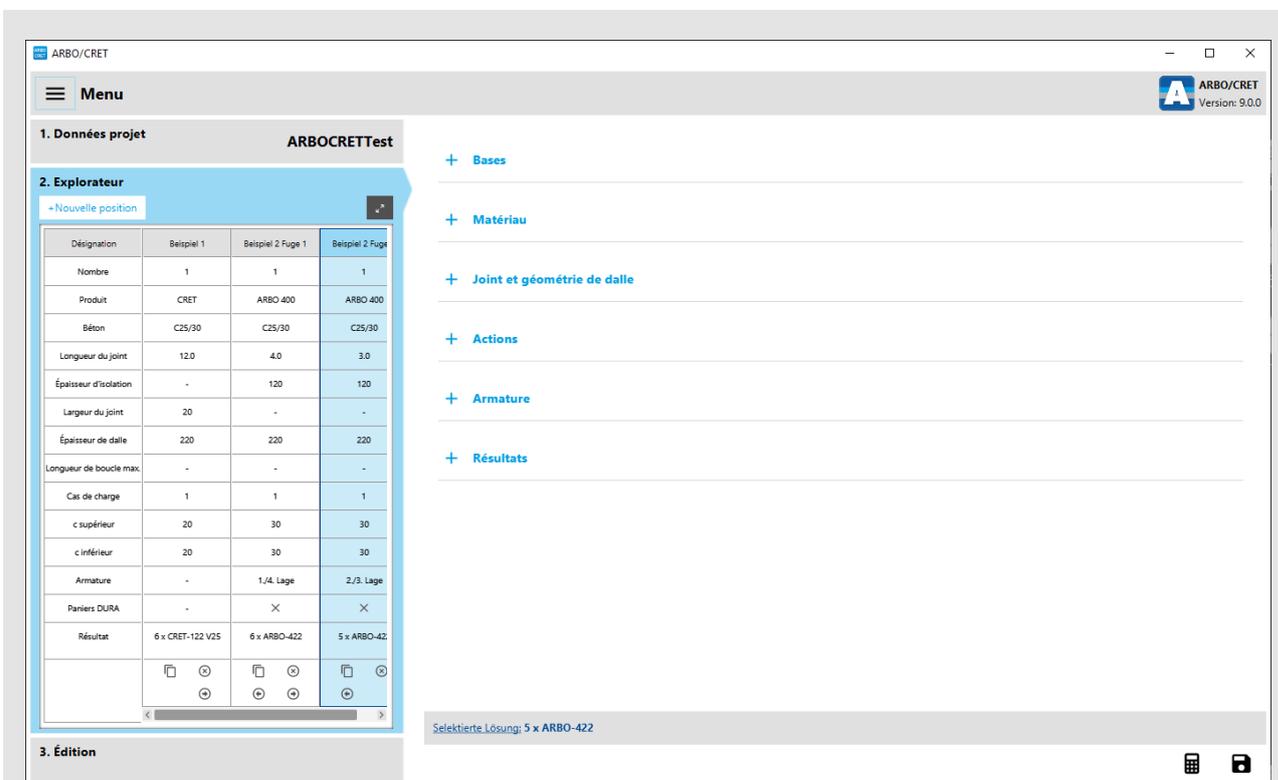


Figure 1: Écran de saisie du logiciel ARBO/CRET

Les différentes positions de dimensionnement peuvent être créées dans l'explorateur. Un simple clic sur la colonne correspondante permet de sélectionner la position de dimensionnement souhaitée. Les paramètres de saisie sont répartis en divers groupes qui se laissent ouvrir et fermer séparément avec le signe plus/moins à côté du titre.

Bases

Bases

Désignation

Nombre

Produit



CRET



CRET Silent



ARBO 400



ARBO 500



ARBO Silent

Figure 2: Saisie des bases de la situation

Paramètres de saisie	Valeur	Explication
Désignation		Saisie de la désignation de cette position de dimensionnement
Nombre		Saisie du nombre de fois que cette position existe dans le projet.
Produit		Sélection du produit à dimensionner

Matériau

Matériau

Béton

Figure 3: Saisie du matériau

Paramètres de saisie	Valeur	Explication
Béton	C25/30	
	C30/37	

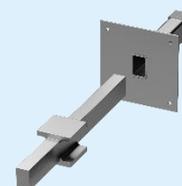
Encadré théorique : Produits concerné par le logiciel

Goujons CRET pour la transmission de charges transversales

Les goujons CRET servent à la transmission de charges transversales (pas de transmission des moments ou de l'effort normal) en présence de joints de dilatation et permettent des compatibilités de déformation entre des éléments de bâtiment adjacents.



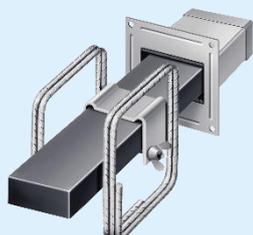
CRET-100



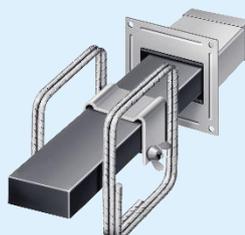
CRET-500

Goujons CRET Silent pour la transmission de charges transversales

Les goujons CRET Silent permettent non seulement des transmissions de charges transversales et des compatibilités de déformation entre des éléments de bâtiment adjacents, mais aussi une séparation acoustique d'éléments et/ou de parties de bâtiment, tels que des escaliers, paliers, balcons, arcades, etc.



CRET Silent-960



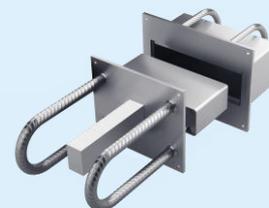
CRET Silent-970



CRET Silent-984



CRET Silent-985



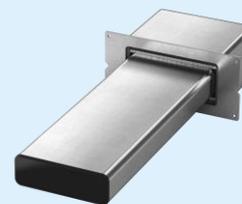
CRET Silent-986



CRET Silent-992



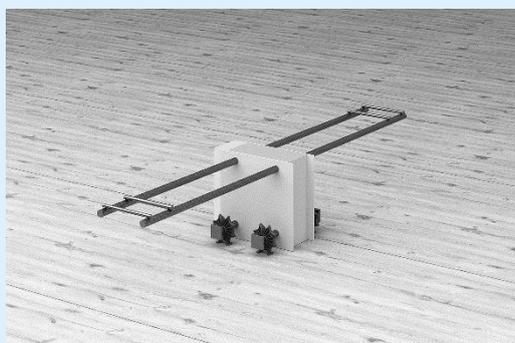
CRET Silent-993



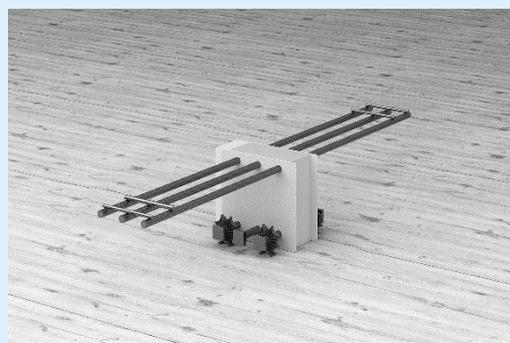
CRET Silent-994

ARBO-400 - Éléments d'armature thermo-isolants

Les éléments ARBO servent à la liaison d'éléments structuraux en béton armé qui sont séparés par des joints thermo-isolants. Ils permettent la transmission de moments de flexion, d'efforts tranchants et d'efforts normaux. Les éléments ARBO-400 sont utilisés lorsqu'il y a suffisamment de place des deux côtés pour l'ancrage de l'armature de traction (liaison dalle-dalle).



ARBO-400 S2



ARBO-400 S3 / T3 / U3

ARBO-500 - Éléments d'armature thermo-isolants

Les éléments ARBO servent à la liaison d'éléments structuraux en béton armé qui sont séparés par des joints thermo-isolants. Ils permettent la transmission de moments de flexion, d'efforts tranchants et d'efforts normaux. Les éléments ARBO-500 sont utilisés si, en cas d'espace restreint sur un côté, la place est suffisante pour l'ancrage de l'armature de traction (liaison dalle-mur).



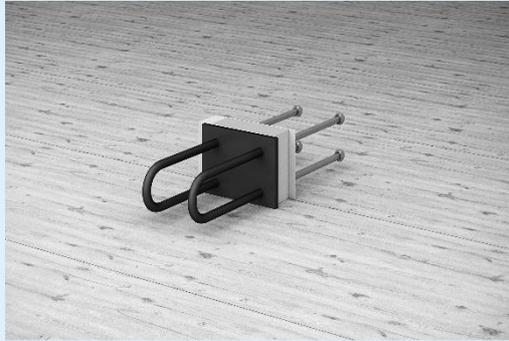
ARBO-500



ARBO-500-W

ARBO Silent-700 - Éléments d'armature thermo-isolants

Les ARBO Silent-700 sont des éléments d'armature à isolation acoustique et thermo-isolants pour la liaison d'éléments structuraux en béton armé qui sont séparés par des joints thermo-isolants. Les éléments ARBO Silent-700 permettent la transmission de moments de flexion, d'efforts tranchants et d'efforts normaux.



ARBO Silent-700

Joint et géométrie de dalle

— Joint et géométrie de dalle

Longueur du joint L	<input type="text" value="1.0"/>	m
Largeur du joint e	<input type="text" value="20"/>	mm
Épaisseur de dalle h	<input type="text" value="250"/>	mm
Élément structural	<input checked="" type="radio"/> Dalle en béton <input type="radio"/> Dalle à caissons ou en éléments préfabriqués <input type="checkbox"/> Joint déplaçable transversalement	

Figure 4: Saisie du joint et de la géométrie de dalle (exemple CRET)

— Joint et géométrie de dalle

Longueur du joint L	<input type="text" value="3.0"/>	m
Épaisseur d'isolation e	<input type="text" value="120"/>	mm
Épaisseur de dalle h	<input type="text" value="220"/>	mm

Figure 5: Saisie du joint et de la géométrie de dalle (exemple ARBO-400)

— Joint et géométrie de dalle

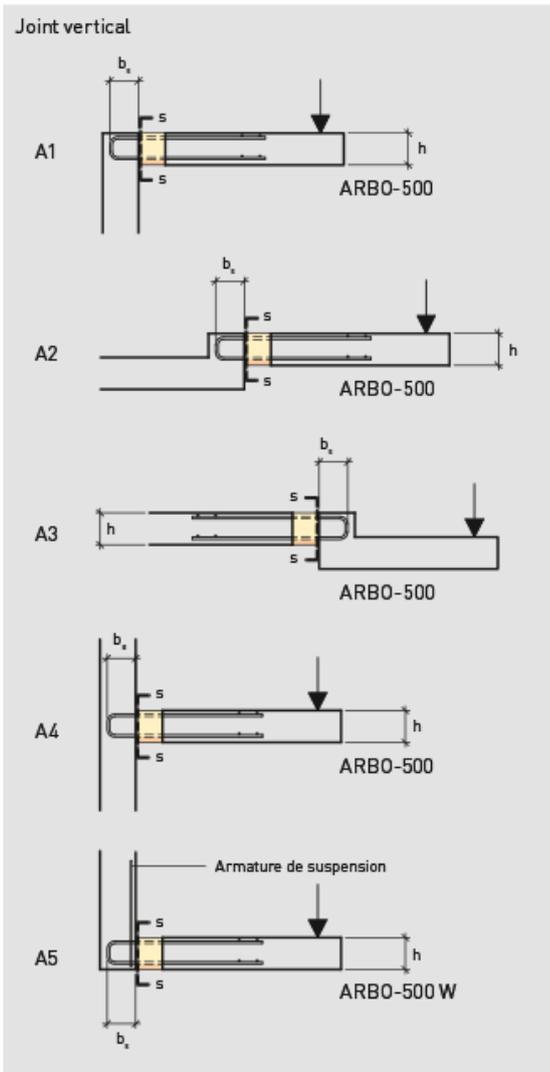
Longueur du joint L	<input type="text" value="3.0"/>	m
Épaisseur d'isolation e	<input type="text" value="120"/>	mm
Épaisseur de dalle h	<input type="text" value="240"/>	mm
Longueur de boucle max. bs	<input type="text" value="110"/>	mm
Situation de dimensionnement	<input type="text" value="A"/>	

Figure 6: Saisie du joint et de la géométrie de dalle (exemple ARBO-500)

Paramètres de saisie	Valeur	Explication
Longueur du joint	L [m]	La saisie des actions doit s'étendre sur la même longueur que la longueur de joint enregistrée.
Largeur du joint	e [mm]	Il faut saisir la largeur maximale du joint pour le calcul. Pour les goujons CRET, il faut donc tenir compte également des mouvements possibles du joint (p. ex. suite à un retrait). (saisie seulement pour CRET et CRET Silent)

Épaisseur d'isolation	e = 80 mm e = 100 mm e = 120 mm e = 160 mm	Épaisseur de l'isolation thermique dans la zone de l'élément ARBO. (saisie seulement pour ARBO / ARBO Silent-700)
Épaisseur de dalle	h [mm]	Pour CRET et CRET Silent, on suppose que les goujons sont installés à mi-hauteur de la dalle (axe de dalle). Si ce n'est pas le cas, l'épaisseur de dalle supposée devra comporter le double de la distance minimale par rapport à la surface du béton.
Longueur de boucle max.	b _s [mm]	Pour ARBO-500, il faut indiquer la longueur de boucle maximale possible.
Élément structural	Dalle en béton / dalle à caissons ou dalle en éléments préfabriqués	Pour des dalles en béton, la résistance à l'effort tranchant de la dalle est prise compte dans le calcul. Pour des dalles à caissons ou des dalles en éléments préfabriqués, le logiciel n'effectue aucune vérification automatique des efforts de déplacement latéraux. (saisie seulement pour CRET)
Joint déplaçable transversalement		Si des déplacements perpendiculaires au goujon peuvent survenir, il faut utiliser des goujons CRET (types CRET-V) déplaçables transversalement. (saisie seulement pour CRET)
Cas d'application	A, B, A5 (ARBO-500-W)	Pour les éléments ARBO-500, il faut définir si le côté comprimé par flexion se trouve sur le côté soutenu (cas A) ou le côté non soutenu (cas B). Si le côté comprimé par flexion se trouve sur le côté non soutenu et qu'on utilise un élément ARBO-500-W avec armature de suspension intégrée, il faut choisir le cas d'application A5, cf. Figure 7.

Variantes d'application A



Variantes d'application B

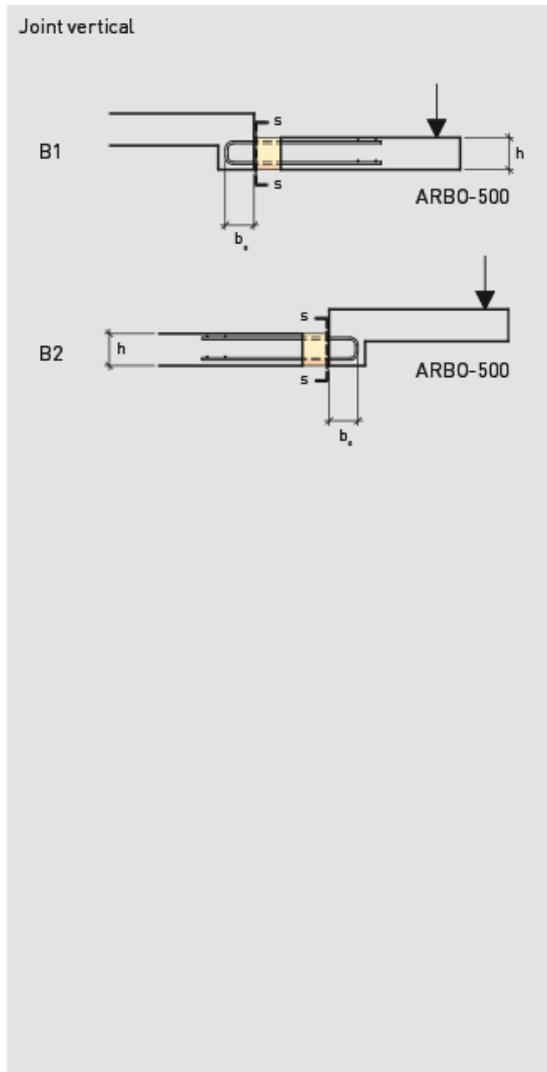


Figure 7: Cas d'application pour ARBO-500

Actions

— Actions

Solicitation le long du joint

Cas de charge 1 ⓘ

Distribution constant

Moment m_d -25.0 kNm/m

Effort tranchant v_d 20.0 kN/m

Effort normal n_d 0.0 kN/m

Ajouter cas de charge

Figure 8: Saisie des actions le long du joint (exemple ARBO-400)

Paramètres de saisie	Valeur	Explication
Distribution	constant linéaire définition libre	Diverses options peuvent être sélectionnées pour la saisie des actions. « constant » et « linéaire » servent à une évaluation simple et rapide. « définition libre » permet une définition détaillée de la courbe des efforts intérieurs de la situation. Soit par une saisie manuelle ou par importation des données d'un logiciel FE. <i>Voir Encadré théorique - Insertion de données issues de programmes FE</i>
Moment Effort tranchant Effort normal	m_d [kNm/m] v_d [kN/m] n_d [kN/m]	Observer le signe (+/-) lors de la saisie des moments et des efforts normaux. Un moment positif signifie traction sur la face inférieure de la dalle et un moment négatif signifie traction sur la face supérieure de la dalle (cas habituel pour le dimensionnement ARBO). Un effort normal positif signifie traction et un effort normal négatif signifie compression.
Cas de charge		Au besoin, il est possible de définir deux situations de charge différentes. Le logiciel recherche des solutions qui remplissent les exigences de la vérification de la sécurité structurale pour les deux cas de charge. (saisie seulement pour ARBO-400, ARBO-500 et ARBO Silent-700)

Encadré théorique : Insertion de données issues de programmes FE

En sélectionnant pour les actions la Distribution « définition libre », il est possible d'importer les données d'un programme FE via le presse-papiers de Windows (copier/coller). L'importation s'effectue à l'aide du bouton Ajouter, comme représenté dans la figure suivante.

— Actions

Sollicitation le long du joint

Cas de charge 1

Distribution **définition libre**

Départ [m]	Fin [m]	Départ md [kNm...]	Fin md [kNm/m]	Départ vd [kN/m]	Fin vd [kN/m]	Départ nd [kN...]	Fin nd [kN/m]	Supprimer
0.0	0.5	-31.4	-31.4	-57.8	-57.8	0.0	0.0	⊗
0.5	1.0	-23.2	-23.2	-13.2	-13.2	0.0	0.0	⊗
1.0	1.5	-19.7	-19.7	-7.1	-7.1	0.0	0.0	⊗
1.5	2.0	-18.6	-18.6	-5.7	-5.7	0.0	0.0	⊗
2.0	2.5	-19.7	-19.7	-7.8	-7.8	0.0	0.0	⊗
2.5	3.0	-22.7	-22.7	-17.6	-17.6	0.0	0.0	⊗
3.0	3.5	-26.1	-26.1	-49.4	-49.4	0.0	0.0	⊗
3.5	4.0	-27.0	-27.0	-60.5	-60.5	0.0	0.0	⊗

Ajouter entrée Supprimer tous 

Ajouter cas de charge

Pour importer les données, il existe deux formats différents qui sont détectés automatiquement par le logiciel ARBO/CRET. Le premier format a la même structure que le tableau représenté dans le logiciel pour les éléments ARBO-400. Il faut toujours saisir au total huit colonnes (coordonnée Départ ; coordonnée Final ; Départ moment ; Fin moment ; Départ effort tranchant ; Fin effort tranchant, Départ effort normal ; Fins effort normal). Toutes les 8 colonnes doivent donc être présentes pour les données dans le presse-papiers afin de pouvoir importer les données. Il faut donc, même s'il n'est possible de ne transmettre que des efforts tranchants pour des goujons CRET par exemple, que les données dans le presse-papiers contiennent également les colonnes pour Départ M_d , Fin M_d , Départ N_d et Fin N_d , sachant que dans ce cas les valeurs sont égales à zéro. Les données doivent être copiées sans les en-têtes. Dans la figure suivante, la zone à copier est représentée sur fond jaune.

Il convient de remarquer que différents programmes FE placent les signes (+/-) des actions de différentes manières. Il faut également veiller à ce que la saisie de la définition s'effectue dans le logiciel ARBO/CRET : Un moment positif signifie traction sur la face inférieure de la dalle et un moment négatif signifie traction sur la face supérieure de la dalle (cas habituel pour le dimensionnement ARBO). Un effort normal positif signifie traction et un effort normal négatif signifie compression.

ARBO/CRET Software Export

x_1	x_2	m_{1d}	m_{2d}	v_{1d}	v_{2d}	n_{1d}	n_{2d}
m	m	kNm/m	kNm/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
0	0.125	-37.145	-33.253	-38.478	-27.23	0	0
0.125	0.25	-33.253	-29.36	-27.23	-15.982	0	0
0.25	0.375	-29.36	-27.548	-15.982	-14.377	0	0
0.375	0.5	-27.548	-25.735	-14.377	-12.772	0	0
0.5	0.625	-25.735	-24.382	-12.772	-10.459	0	0
0.625	0.75	-24.382	-23.029	-10.459	-8.147	0	0
0.75	0.875	-23.029	-22.007	-8.147	-6.571	0	0
0.875	1	-22.007	-20.984	-6.571	-4.995	0	0
1	1.125	-20.984	-20.537	-4.995	-4.722	0	0
1.125	1.25	-20.537	-20.089	-4.722	-4.449	0	0
1.25	1.375	-20.089	-20.071	-4.449	-5.335	0	0
1.375	1.5	-20.071	-20.052	-5.335	-6.222	0	0
1.5	1.625	-20.052	-21.045	-6.222	-9.409	0	0
1.625	1.75	-21.045	-22.038	-9.409	-12.595	0	0
1.75	1.875	-22.038	-24.473	-12.595	-19.345	0	0
1.875	2	-24.473	-26.907	-19.345	-26.095	0	0
2	2.125	-26.907	-29.179	-26.095	-34.718	0	0
2.125	2.25	-29.179	-31.45	-34.718	-43.341	0	0
2.25	2.375	-31.45	-34.409	-43.341	-56.597	0	0
2.375	2.5	-34.409	-37.368	-56.597	-69.854	0	0
2.5	2.625	-37.368	-40.179	-69.854	-86.372	0	0
2.625	2.75	-40.179	-42.989	-86.372	-102.891	0	0
2.75	2.875	-42.989	-37.01	-102.891	-89.572	0	0
2.875	3	-37.01	-31.031	-89.572	-76.253	0	0

Le deuxième format contient moins d'informations et correspond à la figure suivante. Cela correspond juste à l'édition des résultats du logiciel de l'analyse statique des dalles Cedrus de la société Cubus AG, Zürich. Dans ce cas, il est possible de marquer le tableau sans les entêtes, et de le copier par exemple dans le presse-papiers avec Ctrl-C. En cliquant sur le bouton Ajouter..., le logiciel ARBO/CRET reconnaît ce format et ajoute automatiquement les données nécessaires. Ainsi, l'utilisateur n'a pas besoin de réaliser d'autres conversions ou adaptations.

Fugenschnittkräfte Fuge F1,

Abschnitt		Resultate			
Anfang [m]	Ende [m]	v_n [kN/m]	V_n [kN]	m_n [kN]	M_n [kNm]
0	0.995	113	113	24	24
0.995	1.989	24	24	19	19
1.989	2.984	4	4	16	15
2.984	3.978	0	0	14	14
3.978	4.973	-1	-1	13	13
4.973	5.967	-0	-0	11	11
5.967	6.962	4	4	8	8
6.962	7.957	14	14	6	6
7.957	8.951	35	35	6	6
8.951	9.946	71	70	9	9
9.946	10.940	104	103	14	13
10.940	11.935	104	103	14	13
11.935	12.929	71	70	9	9
12.929	13.924	35	35	6	6
13.924	14.919	14	14	6	6
14.919	15.913	4	4	8	8
15.913	16.908	-0	-0	11	11
16.908	17.902	-1	-1	13	13
17.902	18.897	0	0	14	14
18.897	19.892	4	4	16	15
19.892	20.886	24	24	19	19
20.886	21.881	113	113	24	24
		$\Sigma=$	731	$\Sigma=$	277

Armature

— Armature

Enrobage de l'armature:

supérieure $C_{nom,o}$ 30 mm

inférieure $C_{nom,u}$ 30 mm

Position de montage 2e/3e nappe

Panier DURA existants?

Figure 9: Saisie de l'armature (exemple ARBO-400)

Paramètres de saisie	Valeur	Explication
Enrobage de l'armature CRET et CRET Silent	C_{nom} [mm]	C_{nom} se réfère à l'armature de flexion dans la dalle (1er/4e nappe). Pour CRET et CRET Silent, on assume que l'enrobage supérieur et l'enrobage inférieur sont identiques. S'ils ne sont pas identiques, il faut introduire la valeur supérieure.
Enrobage de l'armature ARBO-400 / -500 ARBO Silent-700	$C_{nom,o}$ [mm] $C_{nom,u}$ [mm]	<p>$C_{nom,o}$ se réfère à l'enrobage des barres de traction et de compression des éléments ARBO qui sont installés en direction de la 1re/4e nappe. Si les éléments sont prévus en direction de la 2e/3e, il est possible de sélectionner la 2e/3e nappe sous « Position de montage ». Dans ce cas, l'enrobage des barres de traction pour le calcul est augmenté automatiquement de 20 mm.</p> <p>Étant donné que les barres de traction et de compression sont fabriquées entièrement en acier inoxydable, il n'est pas nécessaire de respecter impérativement l'enrobage habituel de l'armature en raison de l'exposition. Cependant, il faut s'assurer qu'il n'existe pas de conflits avec l'armature de flexion restante, surtout pour les éléments en direction de la 2e/3e nappe.</p> <p>En plus, il faut respecter les enrobages minimums suivants : Type S2, S3 : $C_{nom} \geq 20$ mm Type T3, U3 : $C_{nom} \geq 30$ mm</p> <p>En cas d'exigences de réaction au feu, on applique : $C_{nom,u} \geq 30$ mm</p>

Taux d'armature de flexion	ρ [%]	Le taux d'armature de flexion requis se réfère à l'armature de flexion perpendiculaire au joint qui est utilisée en général pour la vérification de l'effort tranchant. (saisie seulement pour CRET et CRET Silent)
Position de montage	1re/4e nappe 2e/3e nappe	Afin de définir la hauteur des barres de traction et de compression pour les éléments ARBO, il est essentiel de décider si les éléments sont installés en direction de la 1re/4e nappe ou de la 2e/3e nappe. Si la 2e/3e nappe est sélectionné comme position de montage, l'enrobage des barres de traction pour le calcul est augmenté automatiquement de 20 mm. L'enrobage des barres de compression ne sera pas adapté, car elles ne causent généralement pas de conflits en raison de la courte longueur. Toutefois, si on requiert un élément ARBO capable d'assumer des forces de traction en haut et en bas, l'enrobage inférieur est aussi augmenté automatiquement. (saisie seulement pour ARBO-400, ARBO-500 et ARBO Silent-700)
Paniers DURA existants		Si des paniers DURA sont prévus, on utilisera des éléments ARBO spéciaux adaptés pour l'application avec des paniers DURA. Dans certains cas, il sera possible d'obtenir des résistances ultimes supérieures en raison de la meilleure canalisation de l'effort tranchant. (saisie seulement pour ARBO-400, ARBO-500 et ARBO Silent-700)

Résultats

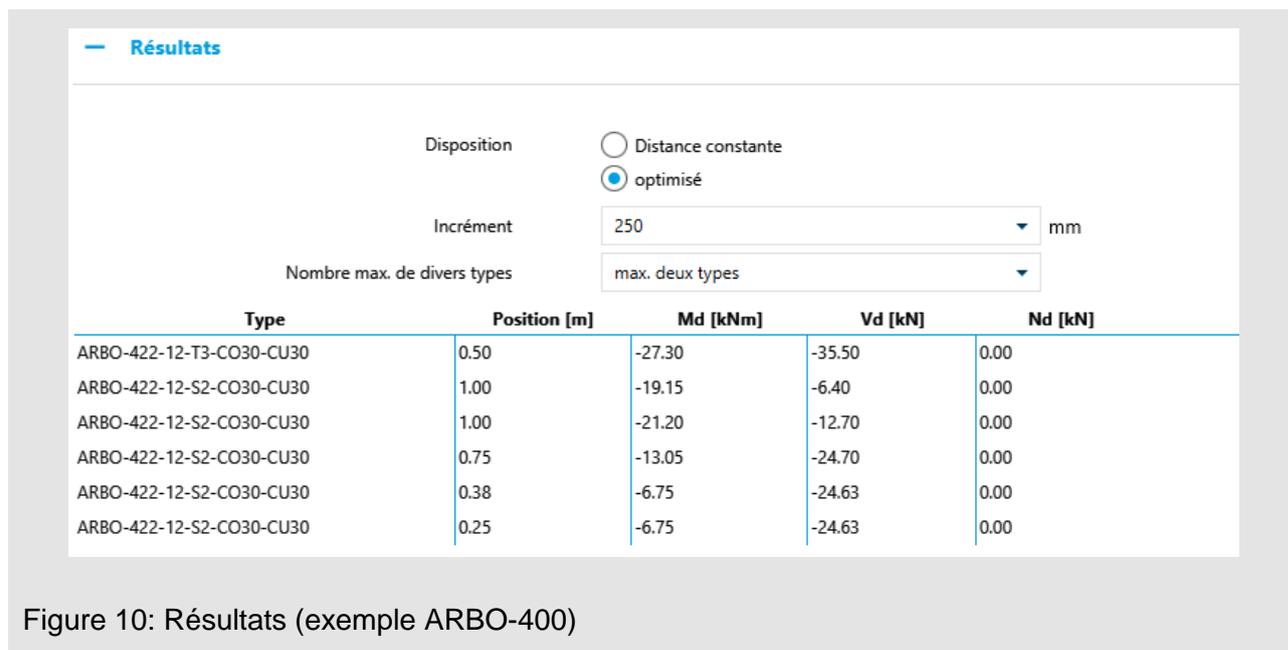


Figure 10: Résultats (exemple ARBO-400)

Paramètres de saisie	Valeur	Explication
Disposition	Distance constante optimisé	Sous « Distance constante », le même type ARBO est distribué avec une distance constante. Cette disposition est prévue pour les cas simple. En cas de courbes d'efforts intérieurs plus complexes, il est recommandé d'utiliser la disposition optimisée qui propose une solution avec des entre-axes variable. (saisie seulement pour ARBO-400, ARBO-500 et ARBO Silent-700)
Incrément		L'incrément définit comment disposer les éléments ARBO. Les incréments possibles dépendent de la longueur du joint. (saisie seulement pour ARBO-400, ARBO-500 et ARBO Silent-700) <i>Voir Encadré théorique - Recherche de solution ARBO.</i>
Nombre max. de divers types	max. un type max. deux types illimité	Il est possible de définir le nombre maximum de divers types d'éléments ARBO à utiliser dans le joint (saisie seulement pour ARBO-400, ARBO-500 et ARBO Silent-700) <i>Voir Encadré théorique - Recherche de solution ARBO.</i>

Encadré théorique : Recherche de solution ARBO

Lors de la recherche de solution d'éléments ARBO, il existe différentes possibilités de réglage qui peuvent conduire à différentes de solutions.

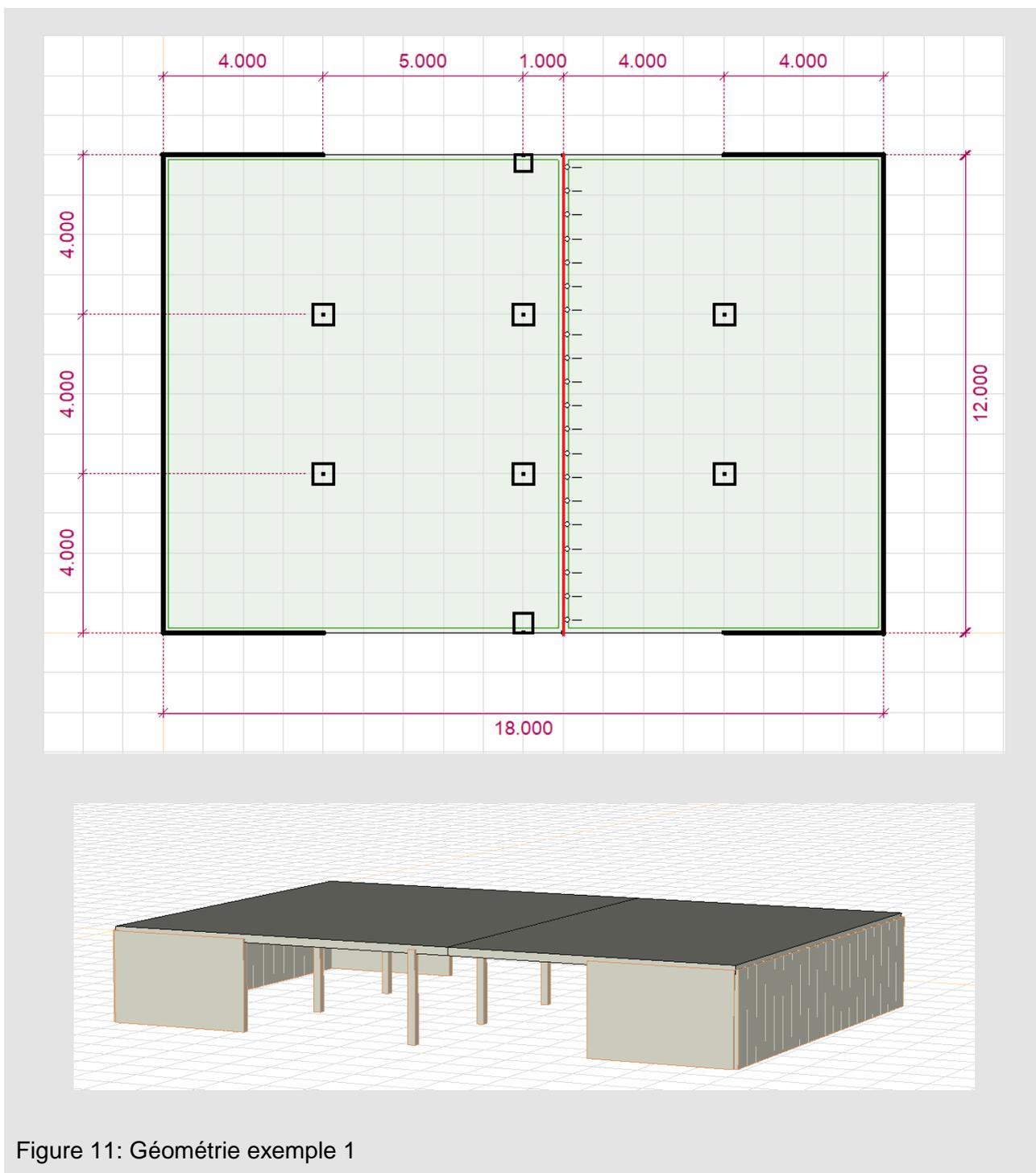
Pour la disposition, il est possible de choisir entre « Distance constante » et « optimisé », c.-à-d. distance optimisée. Avec la distance constante, le même type ARBO est distribué avec une distance constante le long du joint. En règle générale, cela signifie que la zone la plus sollicitée détermine le type d'élément et la distance de l'élément et que celui-ci est appliqué le long du joint. Cela signifie que le système propose des solutions peu économiques, particulièrement en cas de forte variation des efforts intérieurs. Il est donc recommandé de sélectionner ce paramètre uniquement pour des efforts intérieurs répartis uniformément. Dans tous les autres cas, il est recommandé d'utiliser la disposition optimisée.

Pour la disposition optimisée, il faut en plus indiquer l'incrément et le nombre max. de divers types. L'incrément indique au logiciel la taille des éléments pour la discrétisation des actions. Cela est semblable à la taille du réseau d'un maillage FE. Ce choix a une influence sur la distance des éléments ARBO entre eux. Avec un incrément plus petit, les éléments ARBO sont disposés de manière plus économique. Cependant, cela peut conduire à des distances inhabituelles qui sont moins adaptées au chantier. Des grands incréments présentent plutôt des distances habituelles, mais peuvent conduire à un nombre supérieur d'éléments ARBO. Il incombe à l'ingénieur de choisir la variante qui lui convient le mieux. Par rapport à la solution logicielle, il convient de mentionner que les éléments ARBO peuvent être déplacés de +/- 5 cm, pour obtenir p. ex. des distances plus régulières.

Le nombre maximum de types indique au logiciel le nombre de types d'éléments ARBO utilisables en rapport au nombre d'ensemble de barre/plaque de cisaillement ou diamètre de barre le long du joint. Pour l'exécution des travaux, il peut être avantageux de n'utiliser qu'un seul ou au maximum deux types différents. Il convient toutefois de noter que la solution est plus économique si le logiciel peut choisir librement les types. Dans ce cas aussi, l'ingénieur peut donc décider qu'elle est pour lui la meilleure solution.

4. Exemple 1 : Joint de dilatation avec goujons CRET

L'exemple montre un joint de dilatation dans un bâtiment avec sollicitation uniforme. Pour la modélisation du joint de dilatation, une ligne d'articulation a été intégrée qui autorise les rotations libres, mais qui permet une transmission des effort tranchants. L'action sur toute la surface comporte $g_d + q_d = 25 \text{ kN/m}^2$.



Les valeurs suivantes sont requises pour le calcul :

Paramètres de saisie	Valeur	Remarques sur le choix des paramètres
Produit	CRET	
Béton	C25/30	
Longueur du joint	12 m	
Largeur du joint	20 mm	
Épaisseur de dalle	220 mm	
Disposition	Dalle en béton	
Joint déplaçable transversalement	Oui	Étant donné que pour un joint d'une longueur de 12 m il faut compter avec des déformations perpendiculaires au goujon, on utilisera donc des goujons déplaçables transversalement.
Actions	Définition libre	Les actions sont importées d'un programme FE. Les valeurs adoptées du tableau sont indiquées à la suite.
Enrobage de l'armature	20 mm	Supposition : la dalle se trouve à l'intérieur.
Taux d'armature	0.5 %	

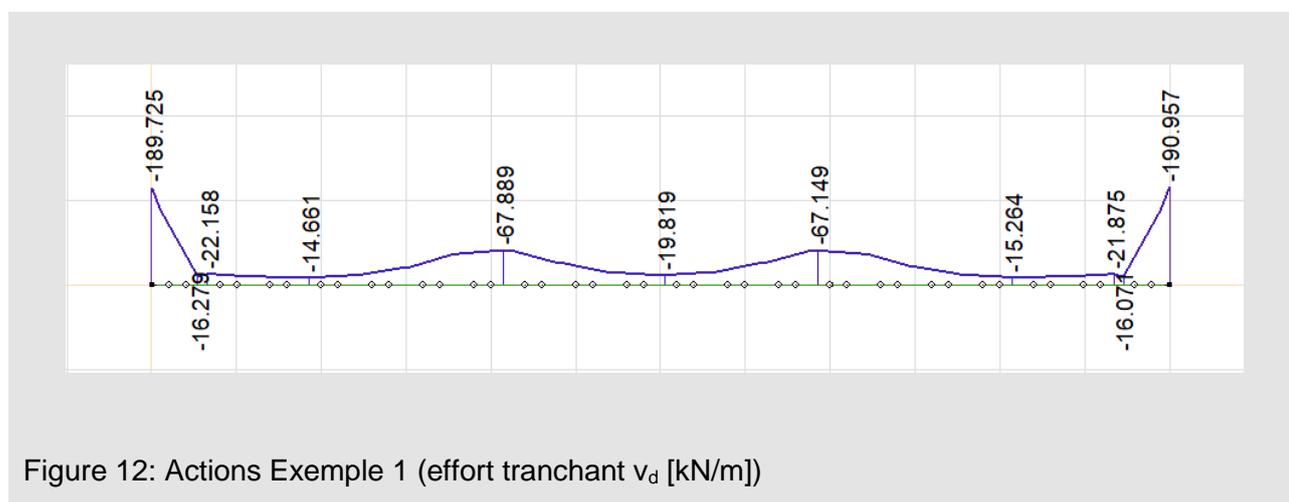


Figure 12: Actions Exemple 1 (effort tranchant v_d [kN/m])

Les actions ont été importées d'un logiciel FE et mises en forme dans Excel comme suit. Si le tableau est copié sans en-têtes, donc seulement les chiffres, d'Excel dans le presse-papiers, le tableau peut être inséré dans le logiciel ARBO/CRET. Comme décrit dans l'*Encadré théorique - Insertion de données issues de programmes FE*, il faut copier toutes les 8 colonnes également pour un calcul CRET, bien que seuls des efforts tranchants peuvent être transmis

x_1 m	x_2 m	m_{d1} kNm/m	m_{d2} kNm/m	v_{d1} kN/m	v_{d2} kN/m	n_{d1} kN/m	n_{d2} kN/m
0.00	0.10	0	0	-189.7	-145.2	0	0
0.10	0.54	0	0	-145.2	-16.3	0	0
0.54	0.66	0	0	-16.3	-22.2	0	0
0.66	1.13	0	0	-22.2	-17.1	0	0
1.13	1.25	0	0	-17.1	-16.9	0	0
1.25	1.73	0	0	-16.9	-14.7	0	0
1.73	1.85	0	0	-14.7	-14.7	0	0
1.85	2.34	0	0	-14.7	-19.1	0	0
2.34	2.45	0	0	-19.1	-20.1	0	0
2.45	2.94	0	0	-20.1	-33.3	0	0
2.94	3.05	0	0	-33.3	-35.4	0	0
3.05	3.54	0	0	-35.4	-59.5	0	0
3.54	3.65	0	0	-59.5	-61.5	0	0
3.65	4.14	0	0	-61.5	-67.9	0	0
4.14	4.25	0	0	-67.9	-66.9	0	0
4.25	4.74	0	0	-66.9	-44.8	0	0
4.74	4.85	0	0	-44.8	-42.7	0	0
4.85	5.34	0	0	-42.7	-26.0	0	0
5.34	5.45	0	0	-26.0	-24.9	0	0
5.45	5.95	0	0	-24.9	-19.8	0	0
5.95	6.05	0	0	-19.8	-19.8	0	0
6.05	6.55	0	0	-19.8	-24.7	0	0
6.55	6.65	0	0	-24.7	-25.8	0	0
6.65	7.15	0	0	-25.8	-42.2	0	0
7.15	7.25	0	0	-42.2	-44.2	0	0
7.25	7.75	0	0	-44.2	-66.1	0	0
7.75	7.85	0	0	-66.1	-67.1	0	0
7.85	8.35	0	0	-67.1	-61.4	0	0
8.35	8.45	0	0	-61.4	-59.7	0	0
8.45	8.95	0	0	-59.7	-36.5	0	0
8.95	9.06	0	0	-36.5	-34.6	0	0
9.06	9.55	0	0	-34.6	-20.5	0	0
9.55	9.66	0	0	-20.5	-19.6	0	0
9.66	10.15	0	0	-19.6	-15.3	0	0
10.15	10.26	0	0	-15.3	-15.3	0	0
10.26	10.75	0	0	-15.3	-17.3	0	0
10.75	10.87	0	0	-17.3	-17.6	0	0
10.87	11.35	0	0	-17.6	-21.9	0	0
11.35	11.46	0	0	-21.9	-16.1	0	0
11.46	11.90	0	0	-16.1	-147.0	0	0
11.90	12.00	0	0	-147.0	-191.0	0	0

Différentes possibilités sont proposées comme résultat. Dans ce cas, 6 éléments CRET-122 V25 sont sélectionnés.

Résultats

Type

- 6 x CRET-122 V25
- 5 x CRET-124 V28
- 9 x CRET-504 V20

Optimiser articles goujons

Solution sélectionnée: 6 x CRET-122 V25

Figure 13: Résultats Exemple 1

Encadré théorique : Modélisation FE de la zone de joint

Pour déterminer les efforts intérieurs, il est important de définir les conditions limites correctes dans la zone de joint. Pour cela, il est important de savoir quel produit est utilisé dans la zone de joint. Pour CRET, CRET Silent et ARBO Silent, qui ne possèdent pas de résistance à la flexion, il faut disposer dans la zone de joint une ligne d'articulation sans rigidité à la rotation. Pour ARBO-400 et ARBO-500, il faut modéliser les zones de joint avec une certaine rigidité à la rotation. Une rigidité à la rotation exacte n'est pas requise pour le calcul des efforts intérieurs, car la courbe des efforts intérieurs ne change que légèrement. Par exemple, la valeur $K_{xx} = 50'000 - 100'000$ kNm/m pour des épaisseurs de dalle habituelles de 200 à 300 mm donnent des résultats acceptables. Par contre, pour le calcul des flèches, il est nécessaire d'utiliser une valeur aussi précise que possible. Par conséquent, le rapport dans le logiciel indique également la rigidité à la rotation pour le joint correspondant. La rigidité à la rotation est calculée à l'aide des éléments ARBO existants et peut être prise en compte dans le modèle FE pour le calcul des flèches et l'analyse des vibrations. Il convient de noter que deux valeurs différentes sont présentées, selon que la structure est modélisée de façon linéaire-élastique (généralement pour des calculs de flèches) ou non-linéaire, c.-à-d. fissuré-élastique (généralement pour des analyses de vibrations).

5. Exemple 2 : Balcon avec ARBO-400

L'exemple montre le dimensionnement d'un balcon d'angle. Il faut donc observer deux zones de joint. Cela peut être résolu dans le logiciel à l'aide de deux positions de calcul. Les dimensions sont indiquées dans la figure suivante. La charge sur le balcon comporte $g_d + q_d = 13 \text{ kN/m}^2$ et à l'intérieur $g_d + q_d = 10 \text{ kN/m}^2$. La zone de joint a été modélisée avec une rigidité à la rotation de $K_{xx} = 50'000 \text{ kNm/m}$

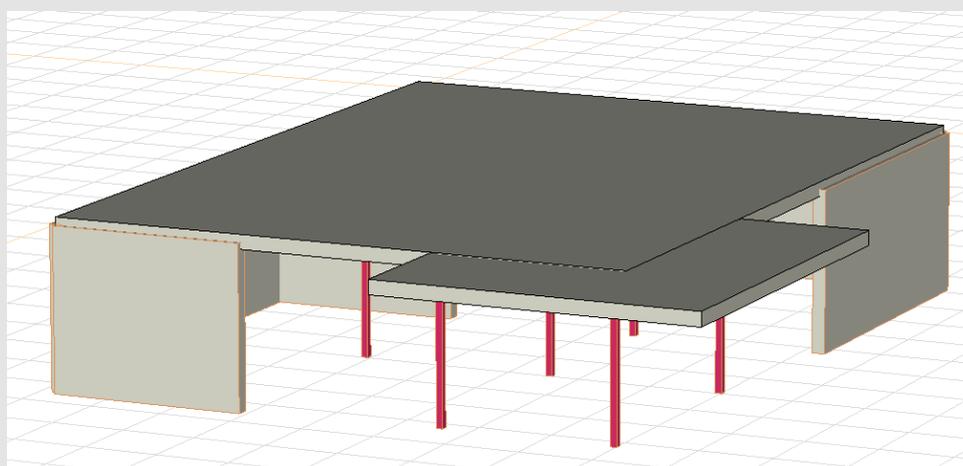
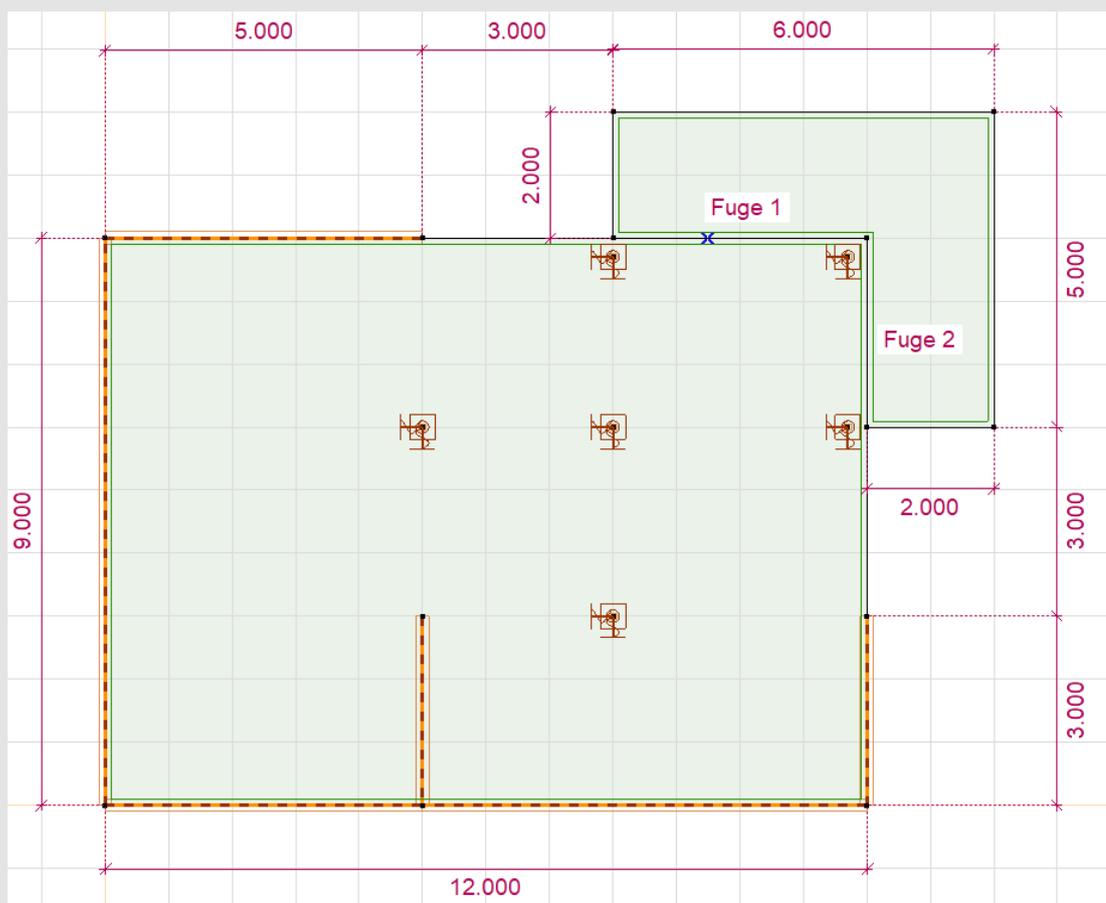


Figure 14: Géométrie exemple 2

Le joint 1 est calculé avec les paramètres de saisie suivants.

Paramètres de saisie	Valeur	Remarques sur le choix des paramètres
Produit	ARBO-400	
Béton	C25/30	
Longueur du joint	4 m	
Épaisseur d'isolation	120 mm	
Épaisseur de dalle	220 mm	
Actions	Définition libre	Les actions sont importées. Les valeurs adoptées du tableau sont indiquées à la suite.
Enrobage d'armature supérieur	30 mm	La valeur 30 mm est légèrement inférieure à la valeur exigée par la norme de 35 mm. Cela est admissible, car les barres de traction et de compression ne sont pas fabriquées en acier inoxydable. Ainsi, les barres se situent un peu plus haut que l'armature de flexion, ce qui entraîne un bras de levier intérieur plus grand et donc des résistances ultimes plus élevées.
Enrobage d'armature inférieur	30 mm	
Position de montage	1re/4e nappe	Les éléments ARBO se situent en direction de la 1re/4e nappe d'armature
Paniers DURA existants	Non	En raison des efforts tranchants, aucune armature d'effort tranchant n'est nécessaire.
Disposition	optimisé	Pour la disposition, on utilise la méthode « optimisé » car une disposition constante ne devrait être utilisée que pour des cas simples.
Incrément	250 mm	Dans cet exemple, on utilise un incrément de 250 mm. Le résultat est une distribution constructivement pertinente des éléments. Des incréments plus petits peuvent cependant conduire à des solutions plus économiques.
Nombre de divers types	Max. deux types	Dans ce joint, il est prévu d'utiliser au maximum deux types ARBO. Si l'exécution des travaux doit être simplifiée, il est possible de réduire le nombre à un seul type. Ces solutions sont cependant moins économiques.

Le tableau suivant des efforts intérieurs est généré directement dans le programme FE (p. ex. Cedrus). Si ces données sont copiées sans en-têtes dans le presse-papiers, il est possible de les enregistrer dans le logiciel ARBO/CRET.

Section		Résultats			
Départ [m]	Fin [m]	V_{dn} [kN/m]	V_{dn} [kN]	m_{dn} [kNm/m]	M_{dn} [kNm]
0	0.5	-57.8	-28.9	-31.4	-15.7
0.5	1	-13.2	-6.6	-23.2	-11.6
1	1.5	-7.1	-3.5	-19.7	-9.9
1.5	2	-5.7	-2.8	-18.6	-9.3
2	2.5	-7.8	-3.9	-19.7	-9.8
2.5	3	-17.6	-8.8	-22.7	-11.3
3	3.5	-49.4	-24.7	-26.1	-13.1
3.5	4	-98.5	-49.3	-27.0	-13.5

Sont proposés comme résultat 5 ARBO-422-12 S2-CO30 et 1 ARBO-422-12 T3-CO30. Cela signifie que les éléments ARBO-400 ont une hauteur d'élément de 22 cm et une épaisseur d'isolation de 12 cm. S2 signifie qu'il existe pour chaque élément 2 ensembles barre/plaque de cisaillement avec un diamètre de barre de 14 mm. T3 signifie qu'il existe pour chaque élément 3 ensembles barre/plaque de cisaillement avec un diamètre de barre de 16 mm. CO indique la valeur de l'enrobage supérieur des barres de l'élément ARBO. Étant donné que ces éléments se situent en direction de la 1re/4e nappe d'armature, cela correspond juste à l'enrobage de l'armature saisi de 30 mm. Vu que les 30 mm standards sont utilisés pour l'enrobage de l'armature inférieure, la valeur de l'enrobage inférieur n'est pas indiquée explicitement dans le code ARBO.

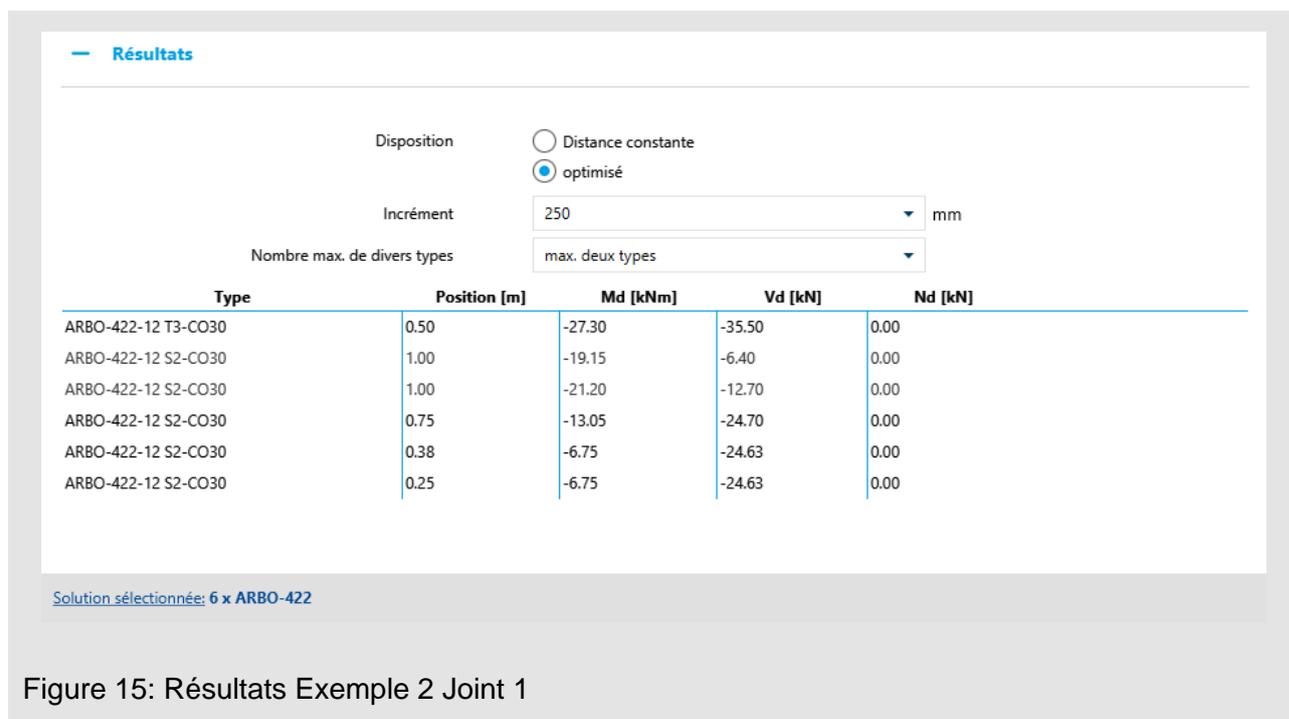


Figure 15: Résultats Exemple 2 Joint 1

À l'exception de la longueur du joint (3 m), de la position de montage (2e/3e nappe) et des actions, le joint 2 est enregistré avec les mêmes paramètres que ceux du joint 1.

Paramètres de saisie	Valeur	Remarques sur le choix des paramètres
Produit	ARBO-400	
Béton	C25/30	
Longueur du joint	3 m	
Épaisseur d'isolation	120 mm	
Épaisseur de dalle	220 mm	
Actions	Définition libre	Les actions sont importées. Les valeurs adoptées du tableau sont indiquées à la suite.
Enrobage d'armature supérieur	30 mm	La valeur pour les éléments en direction de la 1re/4e nappe est saisie comme enrobage.
Enrobage d'armature inférieur	30 mm	
Position de montage	2e/3e nappe	Les éléments ARBO se situent en direction de la 2e/3e nappe d'armature. L'enrobage des barres de traction est donc pris en compte dans le calcul avec $30 + 20 = 50$ mm.
Paniers DURA existants	Non	En raison des efforts tranchants, aucune armature d'effort tranchant n'est nécessaire. Par conséquent, aucun panier DURA n'est prévu.
Disposition	optimisé	Pour la disposition, on utilise la méthode « optimisé » car une disposition constante ne devrait être utilisée que pour des cas simples.
Incrément	250 mm	Dans cet exemple, on utilise un incrément de 250 mm. Le résultat est une distribution élégante des éléments. Des incréments plus petits peuvent cependant conduire à des solutions plus économiques.
Nombre de divers types	Max. deux types	Dans ce joint, il est prévu d'utiliser au maximum deux types ARBO. Si l'exécution des travaux doit être simplifiée, il est possible de réduire le nombre à un seul type. Ces solutions sont cependant moins économiques.

Ce tableau suivant des efforts intérieurs est généré directement dans le programme FE (p. ex. Cedrus). Si ces données sont copiées sans en-têtes dans le presse-papiers, il est possible de les enregistrer dans le logiciel ARBO/CRET.

Section		Résultats			
Départ [m]	Fin [m]	V_{dn} [kN/m]	V_{dn} [kN]	m_{dn} [kNm/m]	M_{dn} [kNm]
0	0.5	-16.2	-8.1	-26.6	-13.3
0.5	1	-9.7	-4.9	-20.9	-10.5
1	1.5	-8.9	-4.5	-20.9	-10.5
1.5	2	-18.1	-9.1	-22.9	-11.5
2	2.5	-52.0	-26.0	-25.4	-12.7
2.5	3	-96.0	-48.0	-24.9	-12.4

Sont proposés comme résultat 3 ARBO-422-12 S2-CO50 und 2 ARBO-422-12 S3-CO50. Cela signifie que les éléments ARBO-400 ont une hauteur d'élément de 22 cm et une épaisseur d'isolation de 12 cm. S2 signifie qu'il existe pour chaque élément 2 ensembles barre/plaque de cisaillement avec un diamètre de barre de 14 mm. S3 signifie qu'il existe pour chaque élément 3 ensembles barre/plaque de cisaillement avec un diamètre de barre de 14 mm. CO indique la valeur de l'enrobage supérieur des barres de l'élément ARBO. Étant donné que ces éléments se situent en direction de la 2e/3e nappe d'armature, l'enrobage supérieur de l'armature de l'élément est augmenté à 50 mm. Étant donné que les courtes barres de compression ne causent pas de conflits avec l'armature restante, l'enrobage inférieur de 30 mm standard ne change pas et n'est donc pas indiqué explicitement dans le code ARBO.

Résultats

Disposition Distance constante optimisé

Incrément mm

Nombre max. de divers types

Type	Position [m]	Md [kNm]	Vd [kN]	Nd [kN]
ARBO-422-12 S3-CO50 E	0.50	-23.75	-12.95	0.00
ARBO-422-12 S2-CO50 E	0.88	-16.17	-8.98	0.00
ARBO-422-12 S3-CO50 E	0.75	-18.42	-30.53	0.00
ARBO-422-12 S2-CO50 E	0.50	-6.23	-24.00	0.00
ARBO-422-12 S2-CO50 E	0.25	-6.23	-24.00	0.00

[Solution sélectionnée: 5 x ARBO-422](#)

Figure 16: Résultats Exemple 2 Joint 2

Encadré théorique : Code ARBO

Le code ARBO définit les dimensions exactes ainsi que d'autres caractéristiques. Les caractéristiques utilisées dans le logiciel sont définies ci-dessous. Pour d'autres caractéristiques, veuillez consulter la documentation ARBO.

422

Le premier chiffre indique le modèle ARBO (série 400 ou 500). Les deux chiffres suivants définissent la hauteur de l'élément en cm.

-12

Les premiers chiffres après le modèle ARBO définissent l'épaisseur d'isolation en cm.

-25

Pour le modèle ARBO 500, cette valeur indique la longueur de boucle en cm.

S2, S3, T3, U3

La désignation S, T ou U définit le diamètre de barre et est suivie d'un chiffre qui définit le nombre d'ensemble barre/plaque de cisaillement par élément.

-CO

La désignation CO définit l'enrobage de l'armature des barres supérieures de l'élément ARBO. Pour des éléments ARBO situés en direction de la 1^{re}/4^e nappe, cela correspond juste à l'enrobage de l'armature enregistré de l'armature de flexion. Si les éléments ARBO sont situés en direction de la 2^e/3^e nappe, l'enrobage des barres d'élément par rapport à l'enrobage de l'armature enregistré est augmenté de 20 mm.

-CU

La désignation CU définit l'enrobage de l'armature des barres inférieures de l'élément ARBO. Si la valeur standard de 30 mm est utilisée, cette information ne sera pas représentée explicitement dans la désignation. Étant donné que les courtes barres de compression ne causent pas de conflits avec l'armature restante, l'enrobage des éléments inférieurs correspond à l'enrobage de l'armature enregistré. Si on requiert cependant des barres de traction en bas, l'enrobage des barres d'éléments augmente de 20 mm par rapport à l'enrobage de l'armature, si l'élément ARBO est situé en direction de la 2^e/3^e nappe.

-E

La désignation -E indique que l'élément doit être installé en direction de la 2^e/3^e nappe. Cette désignation n'a aucune influence directe sur le dimensionnement ou la fabrication des éléments ARBO ; les désignations déterminantes pour cela sont -CO et -CU.

-Z

La lettre Z signifie qu'il faut disposer des barres de traction en haut et en bas. Le logiciel propose automatiquement ces types si des moments positifs (côté traction en bas), c.-à-d. changement de signe (+/-) de la sollicitation, apparaissent à certains endroits.

-D

La désignation -D signifie que des paniers DURA sont présents. Dans ce cas, les éléments ARBO sont réalisés sans les barres transversales aux extrémités des barres de traction, ce qui entraîne toutefois des longueurs d'ancrage plus grandes. En sélectionnant Paniers DURA existants, le logiciel utilise des éléments ARBO du type -D sur toute la longueur du joint. Étant donné que pour les éléments ARBO-400 un panier DURA est prévu de de chaque côté, le code indique donc deux -D. Aucun panier DURA n'étant prévu sur le côté de la boucle pour ARBO-500, le code indique donc dans ce cas un seul -D.

-Q

Les désignation -Q est mentionnées dans la liste des résultats pour les éléments ARBO qui nécessitent un panier DURA de manière impérative.

6. Désignations

b_s	Longueur de boucle pour ARBO-500
c_{nom}	Enrobage nominal de l'armature
e	Largeur du joint / Épaisseur d'isolation
g_d	Action permanente au niveau du calcul
h	Épaisseur de la dalle
K_{xx}	Rigidité à la rotation d'une ligne d'articulation
L	Longueur du joint
m_d	Valeur de calcul du moment de flexion
N_d	Valeur de calcul de l'effort normal
q_d	Action variable au niveau du calcul
v_d	Valeur de calcul de l'effort tranchant
ρ	Taux d'armature de flexion

Remarques concernant le présent document

Les documentations connaissent des modifications permanentes en raison de la mise à jour des normes et de l'évolution.
La dernière version en date du présent exposé technique se trouve sur notre site Internet.
Nous renvoyons par ailleurs à nos CG.

09.2019 Copyright © by
F.J. Aschwanden AG CH-3250 Lyss Tél. 032 387 95 95 Fax 032 387 95 99
www.aschwanden.com info@aschwanden.com

Aschwanden

